

氏 名 ZAPART CHRISTOPHER ANDREW

学位（専攻分野） 博士（学術）

学位記番号 総研大 1282 号

学位授与の日付 平成 21 年 9 月 30 日

学位授与の要件 複合科学研究科 統計科学専攻
学位規則第 6 条第 1 項該当

学位論文題目 Econophysics in Financial Time Series Prediction

論文審査委員 主 査 教授 田村 義保
教授 江口 真透
教授 山崎 和子（東京情報大学）
准教授 川崎 能典

論文内容の要旨

The research presented in the PhD thesis focuses on predicting the direction of financial time series from an econophysics perspective. Inspired by prior research coming from econophysics, the underlying theme throughout the thesis is about trying to associate low-entropy regions extracted from time series with increased (better than chance) predictability. The proposed original approach further enhances statistical time series forecasting techniques by i) making use of entropy in chapter 2 – one of fundamental concepts in statistical physics and ii) adding qualitative elements from behavioral finance to non-linear regression models, expressed in chapter 3 within the confines of the Ising spin model.

The first part of the thesis examines in chapter 2 the possibility of predicting financial time series through entropy. Indirect multi-step ahead forecasts of underlying time series are inferred via a statistical model of entropy, which represents a novel approach to time series forecasting. The second part (chapter 3) introduces NeuroIsing – an original architecture for modeling and predicting stock prices that merges together elements from as diverse disciplines as behavioral finance and statistical physics. Preliminary experimental results presented in this thesis provide evidence that the NeuroIsing model offers better performance compared with traditional techniques.

The thesis lays ground for further, practical exploitation of stock market inefficiencies using techniques and concepts spanning behavioral finance, statistical physics and computational intelligence.

博士論文の審査結果の要旨

論文は4章124ページからなり、英語で書かれている。金融時系列の予測（とりわけ収益率の方向予測）について、2つの手法を提案して数値的検討を加えている。第1章は導入部である。第2章では、時系列の値の空間でモデル推定・予測を行うのではなく、時系列から導かれる規格化されたエントロピー系列に対して統計モデルをあてはめる。二項木の各パスのエントロピーを、推定したモデルで評価・枝狩りしたものを集約して予測を構成する。章の前半ではシャノン・エントロピーを使い、後半ではマイノリティー・ゲームに着想を得たエージェントモデルに基づくボルツマン・エントロピーで置き換え、人工データと円ドル為替レートに適用した予測結果を報告している。第3章では、選択確率がニューラルネットワークでモデル化されたエージェントどうしが影響し合うイジングモデル（ニューロ・イジングモデル）を提案している。パラメータ推定は遺伝的アルゴリズムにより、目的関数は通期のトレード成績を最大化するように設定している。予測は格子点上の予測値を平均して行う。2008年秋の急落期を含む日経平均株価で模擬予測を行った結果、ニューロ・イジングモデルはクラッシュの影響を受けにくかったという実証結果が報告されている。第4章は結論と今後の研究方向の整理にあてられている。

局所的にでも低エントロピーの期間を検出できれば予測を改善できる可能性があるという定性的レベルの着想に、エージェントベースの定量的モデルを与えている。特に第2章で提案された、マイノリティー・ゲームに基づくエージェントモデルで低エントロピー期間を予測する方法は独自の貢献である。第3章で提案されているニューロ・イジングモデルは、逆張りのマイノリティー・ゲームの状況だけでなく、近傍関数の定式化次第でエージェントの群衆行動も表現可能である。母数の適応的推定やエントロピーの選択に恣意性は残るが、今後更なる発展が期待できる研究である。

第2章は *Physica A* に採択・掲載された論文に基づく。第3章の一部は叢書“*Computer Games: Learning Objectives, Cognitive Performance and Effects on Development*”の一章として刊行予定であり、さらに内容を拡張した結果を別途投稿準備中である。

公開の論文発表会に引き続き、審査委員による論文審査及び学力確認を行った。その結果、博士(学術)を授与するのに十分な内容を備えていると判断した。